

PENGEMBANGAN REAKTOR FOTOKATALITIK FILM TITANIA UNTUK PENGOLAHAN AIR GAMBUT MENJADI AIR BERSIH

Gusfiyesi¹, Randi Permana Putra², Rizki Alfi³, Dartini⁴

^{1,2,4}Program Studi Analisis Kimia, Politeknik ATI Padang,
Bungo Pasang-Tabing, Padang 25171 Indonesia

³Program Studi Teknologi Industri Agro, Politeknik ATI Padang,
Bungo Pasang-Tabing, Padang 25171 Indonesia

¹email: gusfiyesi@yahoo.com

²email: randi.ac43@gmail.com

³email: riski4lft@gmail.com

Abstrak

Reaktor fotokatalitik titania adalah solusi alternatif untuk pengolahan air gambut menjadi air bersih yang memenuhi syarat Baku Mutu Air Bersih. Telah dilakukan pengembangan reaktor fotokatalitik titania untuk mendapatkan efisiensi pengolahan air gambut yang lebih optimum. Hasil optimasi suspensi titania untuk dilapiskan menjadi film titania pada permukaan reaktor fotokatalitik titania adalah pada komposisi titania dan amilum dalam air dengan perbandingan (4:1:25) wt.% dan durability ditingkatkan dengan menambahkan dispersan ACR. Film titania didapatkan dengan teknik pelapisan screen printing. Reaktor fotokatalitik titania sistem batch dengan kapasitas reaktor 1L/6 jam telah dikembangkan menjadi solar reaktor fotokatalitik titania sistem kontinu dengan kapasitas lima kali lipat sistem batch. Reaktor akan dikembangkan lagi menjadi teknologi pengolahan air gambut skala industri rumah tangga yang dapat menghasilkan 100 L air bersih dari air gambut selama enam jam dengan biaya kurang dari Rp 1000,-.

Kata kunci: fotokatalitik, titania, air gambut, pengembangan reaktor, irradiasi UV

DEVELOPMENT OF PHOTOCATALYTIC REACTORS OF FILM TITANIA FOR PEAT WATER PROCESSING TO BE CLEAN WATER

Abstract

The photocatalytic of Titania is an alternative solution for treating peat water into clean water that corresponding to the quality standard of clean water. A photocatalytic reactor of Titania has been developed to obtain more optimum peat water treatment efficiency. The optimum composition of the titania suspension to be coated into the titania film on the surface of the photocatalytic reactor is on the composition of titania and the starch in water with the ratio of (4: 1: 25) wt.%, and durability enhanced by adding the ACR dispersant. Titania film obtained by screen printing coating technique. The batch system of photocatalytic reactor with a 1 L / 6 hour reactor capacity has been developed into a continuous photocatalytic solar reactor with a fivefold capacity of batch system. The reactor will be developed again into a peat water treatment technology of household-scale industry that can produce 100 L of clean water from peat water for six hours at a cost of less than Rp 1000, -.

Keywords: photocatalytic, titania, peat water, reactor development, UV irradiation

PENDAHULUAN

Kondisi yang diinginkan oleh tiap orang adalah tersedianya air bersih sepanjang waktu dalam jumlah yang cukup dan kualitas yang memadai sebagaimana yang telah dijamin negara. Namun ketersediaan air bersih (bebas dari zat pencemar) semakin hari semakin menurun, yang diakibatkan meningkatnya populasi manusia sehingga kebutuhan terhadap air bersih juga meningkat.

Pada saat ini, persentase penduduk di Indonesia yang sudah mendapatkan pelayanan air bersih dari badan atau perusahaan air minum masih sangat kecil, yaitu untuk daerah perkotaan sekitar 61 %, sedangkan untuk daerah pedesaan baru sekitar 56 % (data BPS-Susenas 2014). Program air minum pedesaan sudah dilakukan oleh pemerintah namun kondisi memprihatinkan muncul saat banyak sarana terbangun mengalami kerusakan dan tidak dipakai oleh masyarakat akibat kualitas air baku yang buruk (Tim IPEHIJAU, 2016).

Meskipun dijamin Negara namun pemenuhan kebutuhan air bersih di Indonesia masih sangat kurang. Diperkirakan hanya 30 persen dari kebutuhan yang terpenuhi. Bahkan, di kawasan lahan gambut marginal diperkirakan hanya 10 persen penduduk yang memiliki akses air bersih.

Masalah ketersediaan air minum sering terdapat kendala misalnya, lokasi pemukiman yang berjauhan, sehingga jika dibangun sistem pengolahan yang terpadu dengan sistem perpipaan membutuhkan biaya yang sangat besar. Belum lagi permasalahan mengenai kualitas sumber air, terutama di wilayah seperti Kalimantan dan Sumatera yang mempunyai kandungan organik tinggi (biasa disebut Air Gambut). Air gambut menjadi masalah terutama karena kualitasnya yang tidak memenuhi standar air minum di Indonesia sesuai Permenkes

No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Ketersediaan air di daerah gambut sangat banyak dan melimpah sepanjang tahun, akan tetapi air yang tersedia belum dapat dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat karena sampai saat ini masyarakat masih belum mampu mengolah air gambut menjadi air bersih sehingga air gambut hanya digunakan sebatas untuk mandi dan mencuci alat-alat rumah tangga saja, sedangkan untuk minum dan mencuci pakaian, masyarakat menggunakan air hujan, oleh sebab itulah maka kebutuhan air bersih masyarakat sangat tergantung pada air hujan. Pada saat musim penghujan masyarakat dapat menampung sebatas tangki penampung yang dimilikinya, namun bila musim kemarau tiba maka krisis air bersih pun terjadi, sehingga untuk memenuhi kebutuhan air bersihnya masyarakat terpaksa membeli air minum isi ulang.

Keterbatasan ketersediaan air bersih bagi masyarakat yang hidup daerah gambut merupakan suatu permasalahan yang harus diupayakan penyelesaiannya dan tidak bisa dibiarkan berkepanjangan, karena di daerah lahan gambut sebenarnya ketersediaan air cukup banyak malah berlimpah ruah tak pernah habis. Akan tetapi sumber airnya adalah air gambut yang secara kualitas belum layak untuk dikonsumsi karena mengandung asam humat, untuk itu diperlukan suatu kajian yang lebih mendalam tentang penggunaan air gambut sebagai air bersih rumah tangga dan industri yang ada di daerah gambut.

Sistem Pengolahan Air Minum (SPAM) di Indonesia saat ini masih menggunakan serangkaian metoda konvensional seperti koagulasi, flokulasi, adsorpsi biofiltrasi, dan desinfeksi dengan klorin agar asam humat dalam air gambut dapat dihilangkan. Desinfeksi air gambut dengan klorin akan menghasilkan

organoklorin seperti trihalomethanes, asam haloasetat, haloasetonitril.

Metoda lain yang juga sudah digunakan untuk air gambut di Indonesia adalah metoda distilasi. Kandungan mineral air hasil distilasi seluruhnya sudah hampir hilang sehingga tidak memenuhi standar kesehatan. Metoda lain adalah metoda *reverse osmosis* membutuhkan biaya operasi yang tinggi dengan operator yang berlatar belakang pendidikan minimal SLTA. Penjernihan juga telah dilakukan dengan penggunaan lumpur dan saringan pasir lambat, kelemahan dari metoda ini sulitnya merawat dari alat yang digunakan.

Ada juga metoda pengolahan dengan chemical dengan NaOH dan FeClSO₄, kelemahan dari metoda ini yaitu mahalnya biaya operasi karena sulitnya mendapatkan FeClSO₄ serta residu chemical yang digunakan. Arang dari batu bara juga telah pernah dipakai untuk pengolahan air gambut. Disamping metode tersebut sudah juga dikembangkan metoda lain seperti: Penggunaan Biji Kelor, Penjernihan air gambut dengan menggunakan tawas dan pecahan genteng, Penjernihan air dengan menggunakan sekam padi dan penjernihan air gambut dengan menggunakan koagulan tanah liat dan bentonit sebagai absorben (Naswir. *et al*, 2009).

Untuk mengatasi masalah pada metoda konvensional di atas, fotokatalitik heterogen menjadi solusi alternatif yang efektif untuk mengeliminir asam humat dalam air. Dewasa ini, proses degradasi fotokatalitik heterogen menggunakan seikonduktor titania (TiO₂) sangat potensial untuk menghilangkan asam humat (Chen *et al*, 2006).

Partikel TiO₂ (bentuk anatase) yang telah disinari oleh cahaya dengan panjang gelombang ≤ 380 nm, menghasilkan pasangan elektron tereksitasi dan hole. Hole akan berinteraksi dengan air menghasilkan

oksidator yang sangat kuat yaitu radikal hidroksil dan ion superoksida. Beberapa peneliti telah menguji bahwa saat degradasi fotokatalitik asam humat terjadi mineralisasi (Wiszniewski *et al*, 2004; Palmer *et al*, 2002).

Pada artikel ini dibahas pengembangan reaktor fotokatalitik film titania (TiO₂) untuk mengolah air gambut menjadi air bersih. Pengembangan dimulai dari teknik pembuatan film titania, penggunaan sumber irradiasi UV sampai sistem aliran air gambut dalam reaktor.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah titania, amilum, dispersan, aquabides, larutan asam kromat, dan air gambut yang akan diolah menjadi air bersih.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pH meter multi parameter, turbidimeter, konduktometer, reaktor fotokatalitik film titania, sumber irradiasi UV.

Prosedur

Preparasi Suspensi Titania

Suspensi titania disiapkan dengan mendispersikan bubuk TiO₂ anatase (GCE) dan amilum (Merck) serta dispersan dalam aquabidest dengan komposisi yang divariasikan sehingga didapatkan komposisi optimum. Suspensi titania kemudian diultrasonifikasi selama satu jam agar menghasilkan suspensi yang homogen dan siap untuk diimmobilisasikan ke permukaan *support* katalis.

Pembuatan Film Titania

Support katalis (pada penelitian ini berupa plat-plat kaca) yang telah disiapkan dengan ukuran sesuai batch

reaktor fotokatalitik yang dibuat dicuci dengan air kran, kemudian direndam selama sehari semalam dalam larutan asam kromat. Selanjutnya plat kaca dibilas dengan menggunakan aquabides, dikeringkan dan ditimbang. Support katalis yang sudah dibersihkan dan ditimbang selanjutnya dilapisi dengan suspensi titania dengan teknik *screen printing*. Support katalis yang telah terlapisi, lalu dipanaskan pada suhu 120°C selama 1 jam dan kemudian disimpan dalam desikator.

Reaktor Fotokatalitik Titania

Support katalis yang telah dilapisi film fotokatalis titania, dirangkai menjadi wadah reaksi fotokatalitik larutan asam humat. Rangkaian disesuaikan dengan pengembangan reaktor fotokatalitik titania yang dibuat. Dalam artikel ini dilaporkan pengembangan solar reaktor fotokatalitik film titania sistem batch (tahun 2016) dan scale up sistem kontinu (tahun 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Optimum Suspensi Titania

Film titania di permukaan support katalis didapat dari pelapisan suspensi titania pada kondisi optimum. Kondisi optimum suspensi titania untuk sistem batch adalah suspensi titania dan amilum dalam air dengan perbandingan (4 : 1 : 25) wt.% tanpa dispersan. Film titania yang dihasilkan cukup merata dengan aktivitas fotokatalitik baik, tapi film titania tidak bisa dipakai berulang kali. Saat lebih dari dua puluh kali siklus reaksi fotokatalitik, film titania sudah terkelupas.

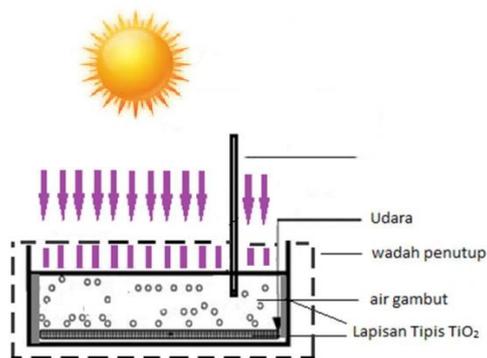
Karena kurang optimalnya pemakaian ulang film titania pada sistem batch, pada reaktor scale up sistem kontinu dilakukan optimasi pada suspensi titania dengan menambahkan dispersan. Ada tiga dispersan yang dipakai amilum, etilen vinil asetat (EVA) dan akrilik

(ACR). Film titania dengan durability (pemakaian ulang tinggi), suspensi stabil, dan aktivitas film fotokatalis cukup cukup tinggi dihasilkan dari suspensi yang ditambah dengan dispersan ACR.

Pengembangan Desain Reaktor Fotokatalitik Titania

Pengembangan reaktor fotokatalitik titania ini adalah penelitian lanjutan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya pada tahun 2014. Dengan mengaplikasikan *batch* reaktor fotokatalitik titania yang telah diimmobilisasi pada support gelas dan sinar UV berasal dari lampu UV 365 nm asam humat sebagai senyawa model dalam air gambut telah berhasil didegradasi hingga 90 % (Gusfiyeni *et al*, 2014). Pengembangan reaktor fotokatalitik dilakukan dengan memvariasikan material support katalis berupa glass bead (Gusfiyeni *et al*, 2015), gelas, keramik dan aluminium. Untuk mendapatkan lapisan tipis fotokatalis titania yang efektif, immobilisasi titania di permukaan support katalis dilakukan dengan metoda sol-gel menggunakan teknik *dip-coating* dan *screen-printing* (Gusfiyeni *et al*, 2014). Reaktor fotokatalitik yang dipakai masing menggunakan irradiasi UV berasal dari lampu UV yang berarti masih memerlukan listrik.

Indonesia sudah mengalami krisis listrik, di sisi lain potensi sinar matahari yang berlimpah di Indonesia dapat dioptimalkan sebagai sumber irradiasi sinar UV. Pada tahun 2016, potensi inilah yang telah dimanfaatkan untuk merancang model batch solar reaktor fotokatalitik yang seluruh permukaan dalam reaktornya telah dilapisi dengan fotokatalis TiO₂, distribusi sinar yang efektif serta tanpa kontrol suhu sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema reaktor fotoakatalitik sistem batch

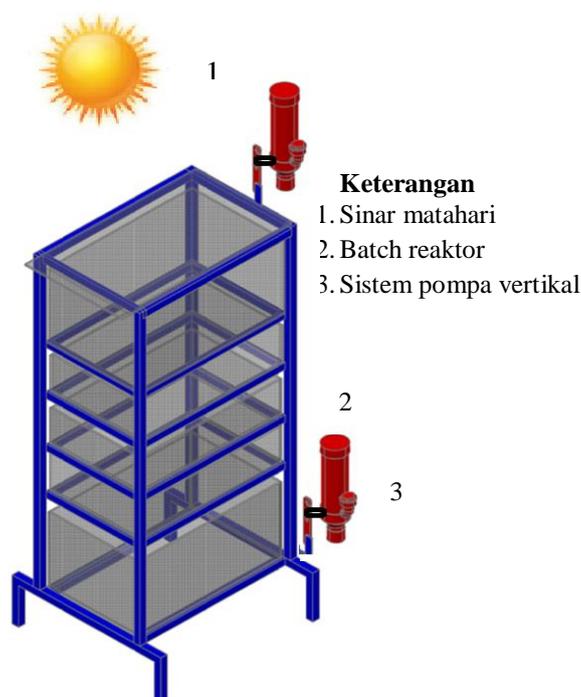
Rancang bangun suatu solar reaktor fotokatalitik film titania sistem batch di atas masih sederhana namun efektif, tahan lama, dan hanya memanfaatkan irradiasi UV dari cahaya matahari yang berlimpah di Indonesia untuk menghilangkan asam humat yang ada dalam air setelah 6 jam irradiasi. Model solar reaktor fotokatalitik film titania telah dapat menghasilkan air bersih dari air gambut tanpa pemakaian bahan kimia kecuali titania (TiO_2) yang tidak beracun.

Air gambut yang berwarna coklat tua dapat didegradasi menjadi air tak berwarna dengan pH netral dan TOC dapat didegradasi sampai 99% selama enam jam irradiasi. Walaupun hasil ini signifikan sudah baik, namun masih didapat beberapa kelemahan yang pertama adalah kapasitas reaktor kecil karena masih dalam skala laboratorium (hanya 1 L), yang kedua waktu proses degradasi yang cukup lama. Lapisan fotokatalis titania sudah cukup optimal mendegradasi air gambut, namun masih mudah terkelupas sehingga durability atau pemakaian ulang masih kurang optimal.

Untuk mengatasi kekurangan yang pada reaktor fotokatalitik sistem batch (2016), maka telah dilakukan pengembangan reaktor fotokatalitik titania dengan optimalisasi lapisan film titania. Optimalisasi dilakukan dengan memperkuat daya rekat film ke support katalis dengan cara menambahkan

dispersan ke suspensi titania. Dispersan meningkatkan durability film titania, namun sedikit mengurangi aktifitas fotokatalitik film titania. Kondisi ini diatasi dengan mengembangkan reaktor fotokatalitik dari sistem batch menjadi sistem kontinu.

Penelitian ini telah dilanjutkan dengan didesainnya green solar reaktor fotokatalisis lapisan tipis titania-UV untuk skala lebih besar dengan sistem kontinu untuk proses pengolahan air gambut menjadi air bersih, dengan desain seperti pada Gambar 2. (Gusfiyeni, *et al*, 2017). Pada penelitian ini telah dirancang bangun green solar reaktor fotokatalitik sistem kontinu untuk mendegradasi air gambut menjadi air bersih.



Air gambut dari Desa Dayun Kecamatan Dayun, Kabupaten Siak- Riau yang didegradasi selama enam jam irradiasi dengan UV dapat menjadi air bersih. Dengan kapasitas reaktor lima kali lebih dibandingkan reaktor sistem batch, reaktor fotokatalitik titania sistem kontinu sudah dapat mendegradasi senyawa humat dalam air gambut menjadi

senyawa tak berbahaya sehingga merubah air gambut menjadi air bersih.

Kualitas air bersih hasil degradasi oleh solar reaktor fotokatalitik sistem kontinu ini dapat dilihat dari analisis parameter fisika dan kimia dari uji mutu air bersih. Secara fisik air gambut yang berwarna coklat sudah berubah menjadi bening (meskipun belum sejernih aquadest), rasa sudah tidak asam, pH berubah dari 3,23 menjadi 6,15. Total zat padat terlarut (TDS) turun sangat signifikan dari 208 ppm menjadi 42 ppm. Konduktivitas air berkurang dari 415 μ S menjadi 83 μ S. Total Organik karbon (TOC) berkurang 78 %.

Hasil degradasi fotokatalitik dari pengembangan reaktor menjadi sistem kontinu ini menjadi acuan untuk pengembangan reaktor fotokatalitik titania untuk skala lebih besar. Diharapkan reaktor ini terus dikembangkan menjadi teknologi pengolahan air gambut skala industri rumah tangga yang dapat menghasilkan 100 L air bersih dari air gambut selama enam jam dengan biaya kurang dari Rp 1000,-.

KESIMPULAN

Hasil optimasi suspensi titania untuk dilapiskan menjadi film titania pada permukaan reaktor fotokatalitik titania adalah dengan komposisi titania dan amilum dalam air dengan perbandingan (4 : 1: 25) wt.% dan durability ditingkatkan dengan menambahkan dispersan ACR. Film titania didapatkan dengan teknik pelapisan *screen printing*. Reaktor fotokatalitik titania sistem batch dengan kapasitas reaktor 1L/6 jam telah dikembangkan menjadi solar reaktor fotokatalitik titania sistem kontinu dengan kapasitas lima kali lipat sistem batch. Reaktor akan dikembangkan lagi menjadi teknologi pengolahan air gambut skala industri rumah tangga yang dapat menghasilkan 100 L air bersih dari air gambut selama

enam jam dengan biaya kurang dari Rp 1000,-.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pusdiklat Industri, atas Dana SPIRIT tahun 2016 dan 2017

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Yongjun, Dionysios D. Dionysiou., 2006. Correlation of Structural Properties and Film Thickness to Photocatalytic Activity of Thick TiO₂ films Coated on Stainless Steel, *Applied Catalysis B: Environmental* 69: 24-33
- Gusfiyeni, Syukra Nezzla, 2017, *Sampling dan Uji Kualitas Air Gambut untuk Air Baku Solar Reaktor Fotokatalitik Film TiO₂-UV*, Jurnal Saini, vol.1 tahun 2017
- Gusfiyeni, Elizarni, Randi Permana, Berlian Muttaqin, 2016, Design and permormance test of films TiO₂ for solar uv- TiO₂ photocatalytic reactor *The 3rd Annual International Seminar on Trend in Science Proceeding*, UNIMED-Desember 2016
- Gusfiyeni, Elizarni, Berlian Muttaqin, Marina Ersu 2016, Synthesis and characterization of films TiO₂ for solar UV- TiO₂ photocatalytic reactor, *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, September 2017, vol. 12 No. 18, ISSN 1819-6608, hal 51-54
- Gusfiyeni, 2016. Preparasi dan karakterisasi film TiO₂ untuk reaktor fotokatalitik film TiO₂-UV, *Jurnal Saini*, vol.1 tahun 2016 Juni 2016
- Gusfiyeni, Admin alif, Hermansyah Azis, Syukri Arif, Edison Munaf., 2014, Degradation of Humic Acid as Peat Water Degradation Model by TiO₂ Thin Layer Photocatalytic Reactor, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and*

- Chemical Sciences, Vol. 5 No. 4, 918-930
- Gusfiyesi, Admin alif, Hermansyah Azis, Syukri Arif., 2015, Photocatalytic Degradation Study of Humic Acid with TiO₂ Film Coated onto Glassbeads, Prosiding Seminar Nasional Kimia 2015- UNY, ISBN: 978-602-14548-2-4 hal. 51-58
- Gusfiyesi, Admin alif, Hermansyah Azis, Syukri Arif., 2015, Photocatalytic Degradation of Humic Acid with TiO₂ Film Coated by Dipcoating Technique, The 8th Asia Pacific Symposium on Ion Analysis Proceeding, Online-September 2015
- Gusfiyesi, Admin alif, Hermansyah Azis, Syukri Arif, Abd. Rahim Yacoob., 2015 Photocatalytic Degradation of Humic Acid with TiO₂ Film Coated onto Glassbeads, The 4th International Conference on Chemical Sciences (4th ICCS) Proceeding
- Naswir, M, 2009, Kajian Pemanfaatan Air Gambut untuk Air Minum Rumah Tangga, Penggunaan Teknologi Clean Chmecal Bentone (Ccbn-Ro) Badan Penelitian Dan Pengembangan Daerah Provinsi Jambi
- Palmer, P.L., Eggins, B.R., Coleman, H.M., 2002. The Effect of Operational Parameters on The Photocatalytic Degradation of Humic Acid, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 148: 137–143
- Tim IPEHIJAU, 2016. Buku Manual Air Gambut & Pengolahannya, Jakarta
- Wiszniowski, J, *et al.* 2002. Photocatalytic Decomposition of Humic Acids on TiO₂ Part I: Discussion of Adsorption and Mechanism, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 15: 267–273.